

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОТРУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
ТА ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ
З ДИСЦИПЛІНИ

ПРИКЛАДНА
ГІДРОЕКОЛОГІЯ

*(для студентів 2 курсу денної форми навчання
за напрямом підготовки 0708 «Екологія»,
6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування»)*

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт та організації самостійної роботи з дисципліни «Прикладна гідроекологія» (для студентів 2 курсу денної форми навчання за напрямом підготовки 0708 «Екологія», 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: В. М. Ладиженський, Т. В. Дмитренко. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 23 с.

Укладачі: к.т.н., доц. В. М. Ладиженський,
к.т.н., доц. Т. В. Дмитренко

Рецензент: к.т.н., доц. І. Ю. Саратов

Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст,
протокол № 1 від 30.08.2010 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Лабораторна робота № 1. Визначення фонових концентрацій речовин у водних об'єктах.....	5
Лабораторна робота № 2. Розрахунок кратності розведення стічних вод.....	12
Самостійна робота.....	17
Список джерел.....	19
Додаток № 1.....	20
Додаток № 2.....	21
Додаток № 3.....	23

Вступ

Дані методичні вказівки призначені для вдосконалення теоретичних знань і засвоєння практичних навичок студентів денної форми навчання з курсу «Прикладна гідроекологія» при визначенні фонових концентрацій речовин у водних об'єктах, а також при розрахунках кратності розведення стічних вод з використанням інформаційних технологій. Лабораторні роботи проводяться в комп'ютерному класі під керівництвом викладачів. Кожен студент працює самостійно, виконуючи індивідуальне завдання відповідно до порядкового номера прізвища студента в журналі групи.

Перелік лабораторних робіт:

Лабораторна робота № 1. *Визначення фонових концентрацій речовин у водних об'єктах.*

Лабораторна робота № 2. *Розрахунок кратності розведення стічних вод.*

Лабораторна робота № 1. ВИЗНАЧЕННЯ ФОНОВИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ РЕЧОВИН У ВОДНИХ ОБ'ЄКТАХ

Під фоновією концентрацією речовини C_f розуміють статистично обґрунтовану верхню довірчу межу можливих середніх значень цієї речовини в створі, що розташований вище виходу стічних вод. Фонова концентрація розраховується для найбільш несприятливих гідрогеологічних умов або найбільш несприятливої відносно якості води пори року.

Для розрахунку *фонових концентрацій* необхідні дані щонайменше за три роки. Загальна кількість даних - не менше 12.

Для кожного показника необхідно знати:

- місяць проведення аналізу (М);
- витрату водотоку на момент відбору аналізу (Q);
- значення концентрації речовини (C).

Вибираються всі дані, наявні в початковій базі даних. Середнє їх значення не шукають. Якщо в парі витрата-концентрація (Q-C) відсутні дані про витрату, то концентрація все одно приймає участь у розрахунку. Якщо в парі витрата-концентрація (Q-C) відсутні дані про концентрацію, то ця пара виключається з розрахунку.

Кількість даних у межах кожного року має бути не менше 3, інакше цей рік з розгляду виключається.

Розрахунок включає декілька етапів (4 або 6)

I етап. *Проводиться виключення надмірно високих або низьких значень концентрацій у межах кожного року (за кожен рік окремо).*

Початкові дані за рік – вибірка.

Причини появи недостовірних даних:

- несумлінний аналіз або погана методика.
- специфічні умови: залповий скид забруднень або зупинка роботи підприємства.

Методика

- Знаходять середнє значення концентрації в межах кожної вибірки (кожного року):

$$C_{\text{сер}} = \frac{\sum C_i}{n}$$

- Визначають середньоквадратичне відхилення:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (C_i - C_{\text{сер}})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{n \cdot \sum C_i^2 - (\sum C_i)^2}{n \cdot (n-1)}}$$

- Визначають максимальну і мінімальну величину з наявних протягом року концентрацій, після чого визначають величину максимального відхилення як найбільшу з двох величин:

$$\sigma = \max [(C_{\text{max}} - C_{\text{сер}}), (|C_{\text{min}} - C_{\text{сер}}|)].$$

Розрахувати яка з величин C_{\max} або C_{\min} дає σ .

- Визначають величину відносного відхилення:

$$\tau = \frac{\sigma}{S}$$

- Проводять порівняння величини відносного відхилення τ з величиною $\tau_{(p,n)}$:

$$\tau_{(p,n)} = \frac{t_{(p,n-2)} \cdot \sqrt{n-1}}{\sqrt{n-2 + [t_{(p,n-2)}]^2}}, \text{ при } p = 1\%,$$

де $t_{(p,n-2)}$ – табличне значення критерію Студента (Додаток 1);

p – достовірний інтервал; $p = 1\%$ -й показує, що, ухвалюючи рішення відкинути або залишити показник, ми ризикуємо помилитися в 1% випадків.

Якщо $\tau < \tau_{(p,n)}$, відхилення даної величини вважається незначним і величина залишається в розрахунку, після чого проводиться оцінка для наступного року.

Якщо $\tau > \tau_{(p,n)}$, величина визнається недостовірною і виключається з подальших розрахунків. Разом з нею виключається і відповідна цій концентрації витрата (Q). Після чого всі розрахунки проводять знову, починаючи з п. 1.

Якщо в якомусь році даних (концентрацій) залишилося менше 3, то такий рік з розгляду виключається.

Після того, як у кожному році відкинуті недостовірні концентрації, переходять до наступного етапу.

II етап. Проводиться порівняння даних за різні роки.

За основу при порівнянні береться базовий рік. Як базовий беруть найближчий до нас за часом рік (тобто з 2002 р., 2001 р., 2000 р. базовим є 2002 р.). Решту років порівнюють з базовим і оцінюють істотність відмінностей даних базового і порівнюваного років. Якщо відмінність визнається істотною, порівнюваний рік з подальших розрахунків виключається.

Порівняння проводиться для кожного року (тобто 2001 р. з 2002 р. і 2000 р. з 2002 р.). Порядок не має значення. Якщо відмінність визнається істотною, то виключається порівнюваний рік. На даному етапі базовий рік не виключається ні в якому випадку.

Методика оцінки

Дані (концентрації) базового і порівнюваного років (наприклад 2002 р. і 2000 р.) об'єднуються в єдину послідовність, що ранжується за зростанням. Кожній величині в цій послідовності привласнюється її порядковий номер, який називається рангом (тобто найменша концентрація в об'єднаній послідовності має 1 ранг, наступна за величиною – 2 ранг і так далі). Якщо декілька величин мають однакові значення концентрацій, то їм привласнюється однаковий ранг. При цьому наступна за величиною

концентрація має ранг, що відповідає її порядковому номеру в ряді, що ранжується (тобто з набору концентрацій: 0,5 мг/дм³ – 1 ранг; 0,7 мг/дм³ – 2 ранг; 0,7 мг/дм³ – 2 ранг; 0,7 мг/дм³ – 2 ранг; 0,8 мг/дм³ – 5 ранг).

Визначається сума рангів у цій послідовності, але окремо для значень базового року і окремо для значень порівнюваного року. Після цього визначається критерій Вількінсона - Манна-Вітті:

$$U^* = T_1 - \frac{n_1 \cdot (n_1 + 1)}{2},$$

де T_1 – менша за величиною сума рангів;

n_1 – кількість даних (концентрацій) у вибірці з меншою сумою рангів.

Якщо сума рангів однакова, то як T_1 і n_1 беруться дані базового року.

Визначають величини m^* і n^* ,

де m^* – кількість даних (концентрацій) в більшій за об'ємом вибірці (тобто в базовому або порівнюваному роках);

n^* – кількість даних в меншій за об'ємом вибірці.

Якщо кількість даних в більшій за об'ємом вибірці $m^* > 8$, то визначається розрахункова величина Z :

$$Z = \frac{U^* - 0,5 \cdot (m^* \cdot n^* + 1)}{0,289 \cdot \sqrt{m^* \cdot n^* \cdot (m^* + n^* + 1)}}.$$

Якщо розрахункове значення за модулем $|Z| < 1,28$, то відмінність визнається неістотною і порівнюваний рік залишається в подальших розрахунках. У протилежному випадку порівнюваний рік з розрахунків виключається.

Якщо кількість даних в більшій за об'ємом вибірці $m^* < 8$, порівняння проводять на підставі номограм (Додаток 2). Якщо в номограмі стоїть знак “Х” – відмінність істотна, якщо порожня клітинка – то рік залишається в розрахунках.

Після того, як один з порівнюваних років або виключений, або залишений, переходять до порівняння наступного року з базовим.

У цьому розділі використовується 5%-й довірчий інтервал, який закладений у формулу для знаходження Z і номограми.

III етап. *Проводиться оцінка існування статистично значущого зв'язку між витратою і концентрацією.*

На цьому етапі беруть участь ті дані, які залишилися після II-го етапу. Серед цих даних вибираються тільки ті, для яких визначені витрата Q і концентрація C .

Оцінка проводиться тоді, коли кількість пар даних витрата-концентрація (Q - C) не менше трьох (за всіма роками, що залишилися, в сумі). Для цих пар даних розраховується величина коефіцієнта кореляції:

$$\delta = \frac{\sum(C_i \cdot Q_i) - \frac{\sum C_i \cdot \sum Q_i}{n}}{\sqrt{[\sum C_i^2 - \frac{(\sum C_i)^2}{n}] \cdot [\sum Q_i^2 - \frac{(\sum Q_i)^2}{n}]}}.$$

Діапазон коефіцієнта кореляції $-1 < r < 1$.

Розрахункове значення r порівнюється з критичним значенням $r_{кр}$ з таблиці:

n	$r_{кр}$
<15	$>0,70$
$15 < n < 25$	$>0,67$
>25	$>0,60$

n – кількість пар даних, що беруть участь у розрахунках. Якщо $n < 3$, то вважається, що зв'язок між Q і C відсутній і розрахунок не проводиться.

Якщо $|r| < r_{кр}$, то статистично значущий зв'язок між Q і C відсутній і виконуються етапи IV-VI.

Якщо $|r| > r_{кр}$, то статистично значущий зв'язок між Q і C існує, після цього етапу одразу виконують етап IV.

IV етап. Розрахунок фонові концентрації за відсутності статистично значущого зв'язку між витратою і концентрацією.

Визначення фонові концентрації $C_{ф}^{кв}$

На цьому етапі в розрахунках беруть участь ті дані (тільки концентрації), які залишилися після **II етапу (!)**. Вони, незалежно від року, розподіляються на квартали: 1 квартал – 1-3 місяці; 2 квартал – 4-6 місяці; 3 квартал – 7-9 місяці; 4 квартал – 10-12 місяці.

Якщо в якомусь кварталі кількість даних менше 3, то такий квартал з розрахунків виключається.

Для кожного кварталу визначається величина середньої концентрації $C_{сер}$:

$$C_{сер} = \frac{\sum C_i}{n}$$

Квартал з найбільшою $C_{сер}$ приймається як базовий квартал.

Потім за методикою II етапу проводять оцінку відмінності базового кварталу і решти кварталів.

Після того, як були відкинуті недостовірні квартали (якщо такі були), визначається загальна (не поквартальна) $C_{сер}$ для даних, що залишилися:

$$C_{сер} = \frac{\sum C_i}{n}$$

Визначається величина середньоквадратичного відхилення:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (C_i - C_{сер})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{n \cdot \sum C_i^2 - (\sum C_i)^2}{n \cdot (n-1)}}$$

Вибирається табличне значення критерію Студента для 5%-го довірчого інтервалу і $n-1$

$$t(5\%, n-1).$$

На підставі цих величин розраховується величина фонової концентрації при квартальному розбитті:

$$C_{\phi}^{кв} = C_{сер} + \frac{S \cdot t_{(5\%, n-1)}}{\sqrt{n}}.$$

V етап. Визначення фонової концентрації $C_{\phi}^{сез}$.

На цьому етапі в розрахунках беруть участь ті дані (тільки концентрації), які залишилися після **II етапу (!)**. Їх, незалежно від року, розбивають на сезони: весняний – 2-4 місяці; літньо - осінній – 5-11 місяці; зимовий – 12 і 1 місяці.

Якщо в якомусь сезоні кількість даних менше 3, то такий сезон з розрахунків виключається.

Для кожного сезону визначається величина середньої концентрації $C_{сер}$:

$$C_{сер} = \frac{\sum C_i}{n}.$$

Сезон з найбільшою $C_{сер}$ приймається як базовий сезон.

Потім за методикою II етапу проводиться оцінка відмінності базового сезону і решти сезонів.

Після того, як були виключені недостовірні сезони (якщо такі були), визначається загальна (не посезонна) $C_{сер}$ для даних, що залишилися:

$$C_{сер} = \frac{\sum C_i}{n}.$$

Визначається величина середньоквадратичного відхилення:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (C_i - C_{сер})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{n \cdot \sum C_i^2 - (\sum C_i)^2}{n \cdot (n-1)}}.$$

Вибирається табличне значення критерію Студента для 5% довірчого інтервалу і **n-1**

$$t(5\%, n-1).$$

На підставі цих величин розраховують величину фонової концентрації при сезонному розбитті:

$$C_{\phi}^{сез} = C_{сер} + \frac{S \cdot t_{(5\%, n-1)}}{\sqrt{n}}.$$

VI етап. Визначення фонової концентрації C_{ϕ} .

Значення фонової концентрації вибирають як найбільшу з двох значень $C_{\phi}^{кв}$ і $C_{\phi}^{сез}$:

$$C_{\phi} = \max(C_{\phi}^{кв}, C_{\phi}^{сез}).$$

Примітки:

1. При розрахунку фонової концентрації для показника «розчинений кисень» у формулах для величин $C_{\phi}^{кв}$ і $C_{\phi}^{сез}$ ставиться знак «-», тобто

$$C_{\phi}^{кв} = C_{сер} - \frac{S \cdot t_{(5\%, n-1)}}{\sqrt{n}}, \quad C_{\phi}^{сез} = C_{сер} - \frac{S \cdot t_{(5\%, n-1)}}{\sqrt{n}},$$

a

$$C_{\phi} = \min(C_{\phi}^{кв}, C_{\phi}^{сез}).$$

2. Якщо в жодному кварталі кількість даних не перевищує 3, то розрахунок C_{ϕ} проводиться на основі тільки сезонного розбиття. Аналогічно, якщо в жодному сезоні кількість даних не перевищує 3, то розрахунок C_{ϕ} проводиться на основі тільки квартального розбиття. Якщо у всіх сезонах і у всіх кварталах кількість даних менше 3, то розрахунок проводиться таким чином:

Всі дані, що залишилися після II етапу, об'єднують в єдину послідовність, для якої розраховують:

$$C_{сер} = \frac{\sum C_i}{n},$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (C_i - C_{сер})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{n \cdot \sum C_i^2 - (\sum C_i)^2}{n \cdot (n-1)}},$$

визначають

$$t(5\%, n-1).$$

Після чого розраховують C_{ϕ} :

$$C_{\phi} = C_{сер} \pm \frac{S \cdot t_{(5\%, n-1)}}{\sqrt{n}}.$$

“–” для показника «розчинений кисень».

IV етап. Розрахунок фоновієї концентрації при існуванні статистично значущого зв'язку між витратою і концентрацією.

На цьому етапі беруть участь дані, які залишилися після III етапу (!).

Величина C_{ϕ} визначається таким чином

$$C_{\phi} = C^{розр} + \Delta,$$

де $C^{розр}$ – концентрація, що відповідає розрахунковій витраті, мг/дм³.

Для визначення $C^{розр}$ на основі методу найменших квадратів встановлюють зв'язок між витратою і концентрацією у вигляді лінійного рівняння:

$$C^{розр} = a \cdot Q^{розр} + b.$$

Величини a і b визначаються з виразів:

$$a = \frac{n \cdot \sum (C_i \cdot Q_i) - \sum C_i \cdot \sum Q_i}{n \cdot \sum Q_i^2 - (\sum Q_i)^2},$$

$$b = \frac{\sum C_i - a \cdot \sum Q_i}{n}.$$

Величина Δ визначається таким чином:

$$\Delta = S \cdot t_{(5\%, n-1)} \cdot \sqrt{\frac{1-\delta^2}{n-2}},$$

де S – величина середньоквадратичного відхилення:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (C_i - C_{\text{сер}})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{n \cdot \sum C_i^2 - (\sum C_i)^2}{n \cdot (n-1)}},$$

$t(5\%, n-1)$ – табличне значення критерію Студента;

n – кількість пар даних;

r – значення коефіцієнта кореляції (береться з етапу III).

Для розчиненого кисню

$$C_{\phi} = C^{\text{розр}} - \Delta.$$

Необхідна література для розрахунку фонових концентрацій:

1. Таблиці значень критерію Студента (Додаток 1).
2. Номограми для визначення достовірності значень (Додаток 2).

Контрольні питання:

1. Що розуміють під фоновією концентрацією речовини?
2. Дайте короткий опис етапів розрахунку фоновієї концентрації.
3. Який сезон називається базовим?
4. Який квартал називається базовим?
5. Чим відрізняється розрахунок фоновієї концентрації для показника «розчинений кисень» від стандартної методики розрахунку?

Лабораторна робота № 2.

РОЗРАХУНОК КРАТНОСТІ РОЗВЕДЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Найважливішим чинником, що визначає концентрацію речовини в контрольному створі при випуску стічних вод у водний об'єкт, є розбавлення стоків основним потоком. Причина розбавлення – турбулентність. Залежно від джерел турбулентності розрізняють основне і початкове розведення.

Основне розведення відбувається в результаті перемішування, що є наслідком турбулентності основного потоку (водотоку). Оскільки всі природні водотоки є турбулентними потоками, основне розведення існує завжди.

Причиною початкового розведення є додаткова турбулентність, що виникає на межі струменя стічних вод і основного потоку. Ця додаткова турбулентність спричинена різницею швидкостей руху цих двох потоків. Початкове розведення підсилює основне, проте для його виникнення потрібні певні умови.

Величина розведення оцінюється *кратністю розведення*.

n_o – кратність основного розведення;

n_n – кратність початкового розведення.

Загальна кратність розведення:

$$n = n_o \cdot n_n.$$

Початковими даними для розрахунку кратності розведення є: затверджена для розрахунку витрата стічних вод $Q_{ст}$, мінімальна середньомісячна витрата року 95%-ї водної забезпеченості $Q_{95\%}$, відповідні глибина і швидкість потоку.

РОЗРАХУНОК КРАТНОСТІ ОСНОВНОГО РОЗВЕДЕННЯ

На деякій відстані від місця випуску стічних вод у водотік відбувається вирівнювання концентрацій по всій ширині водотоку. Створ, де концентрація вирівнялася, називається створом повного перемішування.

Кратність основного розведення визначають за формулою:

$$n_o = \frac{Q_{ст} + Q_{зм}}{Q_{ст}}.$$

де $Q_{ст}$ – витрата стічних вод, $м^3/с$;

$Q_{зм}$ – витрата змішування – частина витрати основного потоку, що приєдналася до витрати стічних вод, $м^3/с$.

$$Q_{зм} = \gamma \cdot Q_{\phi},$$

де γ – коефіцієнт змішування,

Q_{ϕ} – витрата основного потоку, $м^3/с$.

$$n_o = \frac{Q_{ст} + \gamma \cdot Q_{\phi}}{Q_{ст}}.$$

Коефіцієнт змішування може змінюватися в діапазоні від 0 до 1.

Відсутності розведення ($\gamma = 0$) відповідає кратність розведення $n_o = 1$.

Відповідно, при $\gamma = 1$ отримуємо максимальну для даного водотоку і випуску стічних вод кратність розведення.

Величину коефіцієнта змішування визначають таким чином:

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q_{\phi}}{Q_{cm}} \cdot \beta},$$

$$\beta = e^{-\alpha \cdot \sqrt[3]{L}},$$

де L – відстань від місця випуску до даного створу, м.

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{Q_{cm}}},$$

де ξ – коефіцієнт, що характеризує тип випуску стічних вод: $\xi=1$, якщо випуск стічних вод відбувається біля берега; $\xi=1,5$, якщо випускають у русло річки;

φ – коефіцієнт звивистості русла річки, $\varphi=1 - 1,7$.

$$\varphi = \frac{L}{L_{np}},$$

де L_{np} – відстань по прямій від місця випуску стічних вод до створу, м;

D – величина, що характеризує турбулентні властивості основного потоку – коефіцієнт турбулентної дифузії, та визначається за формулою Караушева:

$$D = \frac{g \cdot V_n \cdot h}{37 \cdot n_{ш} \cdot Sh^2}, \text{ м}^2/\text{с},$$

де $g = 9,81 \text{ м}^2/\text{с}$;

V_n, h – середні за перетином водотоку швидкість і глибина;

$n_{ш}$ – коефіцієнт шорсткості русла водотоку. Визначається за таблицями на підставі якісного опису характеристик русла. $n_{ш} = 0,025 - 0,13$ (Додаток 3).

Sh – коефіцієнт Шезі, що розраховується за формулою Павловського:

$$Sh = \frac{R^y}{n_{ш}} \cdot \frac{\sqrt{M}}{c}.$$

R – гідравлічний радіус, м. Для широких водотоків $R \approx h$.

$$y = 2,5 \cdot \sqrt{n_{ш}} - 0,13 - 0,75 \cdot \sqrt{R} \cdot (\sqrt{n_{ш}} - 0,1).$$

ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНІ, НА ЯКІЙ ВІДБУВАЄТЬСЯ ПОВНЕ ПЕРЕМІШУВАННЯ.

$$L = \left\{ \frac{1}{\alpha} \cdot \ln \left[\frac{Q_{cm} + \gamma \cdot Q_{\phi}}{(1 - \gamma) \cdot Q_{cm}} \right] \right\}^3.$$

Вважається, що створ досить повного перемішування ($\gamma = 0,9 - 0,95$) відповідає створу повного перемішування.

РОЗРАХУНОК КРАТНОСТІ ПОЧАТКОВОГО РОЗВЕДЕННЯ.

Початкове розведення існує не завжди. Оскільки виникнення початкового розведення залежить від інтенсивності турбулентних вихорів, які, у свою чергу, залежать від різниці швидкостей витоку стічних вод з водовипуску і швидкості основного потоку, то для цього необхідне виконання двох умов:

- абсолютна швидкість витoku стічних вод має бути не менше 2 м/с, тобто $V_{\text{ст}} > 2 \text{ м/с}$;
- швидкість витoku стічних вод мусить більш ніж у 4 рази перевищувати швидкість основного потоку, тобто $V_{\text{ст}} > 4V_{\text{ф}}$.

Якщо одна з умов порушується, то початкове розведення відсутнє.

Характер початкового розведення багато в чому визначається типом випуску стічних вод. Розрізняють два основні типи випуску стічних вод: берегові і руслові.

Руслові водовипуски можуть бути зосередженими (один оголовок) і розсіювальними (декілька оголовків). Вони, зазвичай, виводяться в русло річки і ближче до поверхні, оскільки там найбільша швидкість. Берегові водовипуски розташовані в межах берегової смуги. Вони всі зосередженого типу.

Характеристиками розсіювального водовипуску є:

- кількість оголовків N ;
- діаметр оголовка d_o , м;
- відстань між оголовками ℓ_1 , м.

Характеристикою зосередженого водовипуску є:

- діаметр оголовка d_o , м.

Методика підбору параметрів водовипуску для забезпечення початкового розведення.

1) Для розсіювального водовипуску.

При розрахунку параметрів розсіювального водовипуску необхідно дотримуватися двох умов за розрахунком швидкості витoku стічних вод ($V_{\text{ст}} > 2 \text{ м/с}$ і $V_{\text{ст}} > 4V_{\text{ф}}$).

Діаметр труби-розсіювача має бути не більше 0,9 ширини водотоку.

$$\ell = 0,9 B,$$

де B – ширина річки в найменш маловодний період, м.

$$B = Q_{\text{ф}} / (h V_{\text{ф}}).$$

Відстань між оголовками:

$$\ell_1 = h + 0,5,$$

де h – глибина водотоку, м;

0,5 – технологічний запас.

$$N = \frac{l}{l_1}.$$

$$d_o = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{см}}}{\pi \cdot V_{\text{см}} \cdot N}}.$$

$V_{\text{ст}}$ має відповідати вищезгаданим умовам.

За конструктивними міркуваннями потрібно дотримуватися таких умов: $d_o > 0,1 \text{ м}$, градація діаметру йде через кожні 5 см, тобто $d_o = 0,10; 0,15; 0,20; 0,25 \text{ м}$ і так далі.

Таким чином, отриманий діаметр має бути наближений до величини, що закінчується на 0 або 5. Проте необхідно стежити, щоб швидкість витoku стічних вод завжди відповідала вищезазначеним вимогам. У разі потреби збільшення діаметру d_o до необхідної величини, швидкість витoku V_{ct} можна утримати на необхідному рівні, зменшуючи кількість оголовків N .

2) Для зосередженого водовипуску.

При розрахунку параметрів зосередженого водовипуску необхідно дотримуватися двох умов за розрахунком швидкості витoku стічних вод ($V_{ct} > 2$ м/с і $V_{ct} > 4V_\phi$), а також дотримуватися конструктивних умов для визначення діаметру водовипуску ($d_o > 0,1$ м, градація діаметру йде через кожні 5 см).

Діаметр оголовка визначається за формулою:

$$d_o = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{cm}}{\pi \cdot V_{cm}}}$$

У випадку, якщо при $d_o = 0,1$ м, значення швидкості витoku стічних вод не відповідає вищенаведеним вимогам, то початкового розведення немає, отже $n_H = 1$.

Методика розрахунку кратності початкового розведення

Після того, як визначені параметри водовипуску (розсіювального або зосередженого), визначається кратність початкового розведення.

1) Для зосередженого водовипуску (методика Лапшова).

Кратність початкового розведення визначається за формулою:

$$n_H = \frac{0,248}{1-m} \cdot \bar{d}^2 \cdot \left[\sqrt{m^2 + 8,1 \cdot \frac{1-m}{\bar{d}^2}} - m \right] \cdot f,$$

де m – співвідношення швидкісних натисків:

$$m = \frac{\rho_\phi \cdot V_\phi}{\rho_{cm} \cdot V_{cm}},$$

де ρ_ϕ і ρ_{ct} – відповідно щільність води водного об'єкта і стічних вод; у більшості випадків $\rho_\phi = \rho_{ct}$, тому

$$m = \frac{V_\phi}{V_{cm}}.$$

Оскільки $V_{ct} > 4V_\phi$, то $m < 0,25$.

\bar{d} - відносний діаметр струменя, що дорівнює:

$$\bar{d} = \sqrt{\frac{7,465}{\Delta V_m \cdot [\Delta V_m \cdot (1-m) + 1,92 \cdot m]}};$$

де

$$\Delta V_m = \frac{0,15}{V_{cm} - V_\phi}.$$

Абсолютний діаметр струменя d – діаметр зони на межі початкового розведення, що розраховується за формулою:

$$d = d_o \cdot \bar{d}$$

У місці випуску стічних вод $d = d_o$. У процесі видалення струменя від місця випуску здійснюється його розширення у вигляді конуса. Ділянка водотоку, де швидкість стічних вод на осі струменя порівнюється із швидкістю основного потоку (річки), вважається моментом, коли початкове розведення зникає – межа зони початкового розведення.

У процесі розширення струменя його діаметр d може перевищити глибину водотоку. При цьому знижується інтенсивність турбулентного потоку, а, отже, кратність початкового розведення. Цей процес вираховують за допомогою коефіцієнта стискання струменя f .

$d < h$ – струмінь не стискається і $f = 1$.

$d > h$ – відбувається стискання струменя і f визначається за графіком або за формулою:

$$f = 1,825 \cdot \frac{h}{d} - 0,781 \cdot \left(\frac{h}{d} \right)^2 - 0,0038$$

Якщо розрахункове значення $f > 1$, то записують $f = 1$ (через похибку формули). Якщо d значно більше f , то n_H може бути менше 1, тоді записують $n_H = 1$.

2) Для розсіювального водовипуску.

Розсіювальний водовипуск дозволяє проводити випуск по всій ширині річки. Максимальний діаметр струменя d визначається відстанню між оголовками і дорівнює їй, тобто

$$d = \ell_1.$$

Відносний діаметр струменя визначається за формулою:

$$\bar{d} = \frac{d}{d_o} = \frac{h_1}{d_o}$$

Далі визначають m , f і n_H за вищевикладеною методикою.

$$f = 1,825 \cdot \frac{h}{d} - 0,781 \cdot \left(\frac{h}{d} \right)^2 - 0,0038$$

РОЗРАХУНОК КОНЦЕНТРАЦІЇ РЕЧОВИНИ В КОНТРОЛЬНОМУ СТВОРІ.

При визначенні концентрації речовини в потрібному створі застосовують формулу Фролова - Родзіллера:

$$C = C_\phi + \frac{C_{cm} - C_\phi}{n}$$

Концентрація забруднюючої речовини в створі повного перемішування визначається за попередньою формулою, і після ряду перетворень має вигляд:

$$C = \frac{C_\phi \cdot Q_\phi + C_{cm} \cdot Q_{cm}}{Q_\phi + Q_{cm}}$$

Необхідна література для розрахунку кратності розведення:

1. Таблиці значень коефіцієнта шорсткості $n_{ш}$ (Додаток 3).

Контрольні питання:

1. З чого складається кратність повного розведення?
2. Які початкові дані необхідні для розрахунку кратності розведення?
3. Від чого залежить значення коефіцієнта шорсткості $n_{ш}$?
4. Що таке створ повного перемішування?
5. Виконання яких двох умов необхідне для визначення існування кратності початкового розведення?

Самостійна робота

Для засвоєння матеріалу та підвищення рівня знань з дисципліни передбачена самостійна робота для студентів 2 курсу денної форми навчання в обсязі 38 годин.

До основних видів самостійної роботи студентів належить: вивчення конспекту лекцій згідно з модульною системою, підготовка до лабораторних робіт, підготовка до проміжного та підсумкового контролю.

Питання для самостійного вивчення студентами навчального курсу за модулями наведені нижче.

Модуль 1. Використання та охорона вод. Загальні положення.

ЗМ 1.1. Загальні питання водокористування та водовідведення.

1. Водні об'єкти, класифікація, можливість використання.
2. Види водокористування.
3. Якість води. Показники якості води.
4. Нормування якості води. Норми якості води, загальні вимоги до складу та властивостей води.
5. Гранично - допустимі концентрації (ГДК) речовин у воді, нормовані речовини, лімітуючі ознаки шкідливості, класи небезпеки речовин.
6. Алгоритм оцінки якості води. Методика оцінки якості води для господарсько-побутової, питної та рибогосподарської категорій водокористування.
7. Визначення класу та категорії якості води водних об'єктів на основі екологічної класифікації.
8. Якість питної води. Норми постачання води для населення.
9. Вимоги до джерел питного водопостачання Зони санітарної охорони джерел водопостачання.
10. Централізоване та децентралізоване питне водопостачання.

ЗМ 1.2. Джерела впливу на поверхневі водні об'єкти.

1. Класифікація джерел впливу на поверхневі водні об'єкти.
2. Утворення господарсько-побутових та міських стічних вод.
3. Поверхневий стік з міської території.
4. Поверхневий стік з територій промислових підприємств.
5. Умови відведення зворотних вод у водні об'єкти. Принципи встановлення гранично - допустимих скидів (ГДС).
6. Принципи та заходи охорони вод.

Перевірку й оцінювання знань студентів викладач проводить у наступних формах:

1. Оцінювання роботи студентів у процесі виконання лабораторних робіт.
2. Оцінювання виконання індивідуального завдання.
3. Оцінювання засвоєння питань, винесених для самостійного вивчення.
4. Проведення поточного контролю.
5. Проведення підсумкового заліку.

Оцінку знань студентів з даної дисципліни проводять відповідно до вимог кредитно-модульної системи організації навчального процесу (КМСОНП).

Список джерел

1. Справочник проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. / Под общ. ред. В.А. Самотина. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
2. Экология города: Учебник. – К.: Либра, 2000. - 464 с.
3. Лапшев Н.Н. Расчеты выпусков сточных вод. - М.: Стройиздат, 1977. - 87 с. (Защита окружающей среды).
4. И.Д. Родзиллер. Прогноз качества воды водоемов – приёмников сточных вод. – М.: Стройиздат, 1984. – 263 с.
5. Практические рекомендации по расчету разбавления сточных вод в реках, озерах и водохранилищах. /Под ред. А.В. Караушева. - Л.: Гос. гидрологический институт, 1970.
6. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Прикладная гидроэкология» (для студентов 3 курса дневной формы обучения специальности 6.070800 - "Экология и охрана окружающей среды"). Сост. Ладыженский В.Н., Дмитренко Т.В., Ищенко А.В. – Харьков: ХНАГХ, 2007 – 36 с.
7. «Методические указания к курсовой работе «Моделирование воздействия селитебных территорий на качество воды водных объектов» по дисциплине «Основы моделирования экологических процессов» (для студентов 4 курса дневной формы обучения специальности 7.070.805 – «Прикладная экология (инженерная экология городов)»). / Сост. Немцова А.А. Пономаренко Е.Г. – Харьков: ХГАГХ, 1996. – 26 с.
8. Методические указания к курсовой работе «Расчет норм ПДС промышленного предприятия» (для студентов 4 курса дневной формы обучения специальности 7.070.805 – «Прикладная экология (инженерная экология городов)»). /Сост. Пономаренко Е.Г., Немцова А.А. – Х.: ХИИГХ, 1993 г. – 24 с.
9. Методические указания к курсовой работе «Оценка воздействия урбанизированных территорий на водные объекты» по дисциплине «Инженерная гидроэкология» (для студентов 5 курса дневной формы обучения специальности «Экология и охрана окружающей среды»). / Сост. Немцова А.А. Пономаренко Е.Г. – Харьков: ХГАГХ, 2000. – 19 с.

Додаток 1

Процентні точки розподілу Студента

$\begin{matrix} n \\ p \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1%	31,8205	6,9646	4,5407	3,7669	3,3649	3,1427	2,9980	2,8965	2,8214
5%	6,3138	2,9200	2,3534	2,1318	2,0150	1,9432	1,8946	1,8595	1,8331

$\begin{matrix} n \\ p \end{matrix}$	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1%	2,7638	2,7181	2,6810	2,6503	2,6245	2,6025	2,5835	2,5669	2,5524
5%	1,8125	1,7959	1,7823	1,7709	1,7613	1,7530	1,7459	1,7396	1,7341

$\begin{matrix} n \\ p \end{matrix}$	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1%	2,5395	2,5280	2,5176	2,5083	2,4999	2,4922	2,4851	2,7486	2,4727
5%	1,7291	1,7247	1,7207	1,7171	1,7139	1,7109	1,7081	1,7056	1,7033

$\begin{matrix} n \\ p \end{matrix}$	28	29	30	32	34	36	38	40	42
1%	2,4671	2,4620	2,4573	2,4487	2,4411	2,4345	2,4286	2,4233	2,4185
5%	1,7011	1,6991	1,6973	1,6939	1,6909	1,6883	1,6860	1,6839	1,6820

Номограми для визначення відмінності даних у двох порівнюваних вибірках
X – відмінність істотна

$$m^* = 3$$

$\begin{matrix} n^* \\ U^* \end{matrix}$	2	3
0 – 1	X	X
1,5 – 2		X
2,5		

$$m^* = 4$$

$\begin{matrix} n^* \\ U^* \end{matrix}$	1	2	3	4
0	X	X	X	X
0,5 – 1,5		X	X	X
2,0 – 3,0			X	X
3,5 – 4,5				X
5,0				

$$m^* = 5$$

$\begin{matrix} n^* \\ U^* \end{matrix}$	1	2	3	4	5
0	X	X	X	X	X
0,5 – 2,0		X	X	X	X
2,5 – 4,5			X	X	X
4,5 – 6,0				X	X
6,5 – 8,0					X
8,5					

$$m^* = 6$$

$\begin{matrix} n^* \\ U^* \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6
0 – 0,5	X	X	X	X	X	X
1,0 – 3,0		X	X	X	X	X
3,5 – 5,0			X	X	X	X
5,5 – 7,5				X	X	X
8,0 – 10,0					X	X
10,5 – 12,0						X
12,5						

$$m^* = 7$$

$\begin{matrix} n^* \\ U^* \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6	7
0 – 0,5	X	X	X	X	X	X	X
1,0 – 3,5		X	X	X	X	X	X
4,0 – 6,0			X	X	X	X	X
6,5 – 9,0				X	X	X	X
9,5 – 11,5					X	X	X
12,0 – 14,5						X	X
15,0 – 17,0							X
17,5							

$$m^* = 8$$

$\begin{matrix} n^* \\ U^* \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6	7	8
0 – 1,0	X	X	X	X	X	X	X	X
1,5 – 4,0		X	X	X	X	X	X	X
4,5 – 7,0			X	X	X	X	X	X
7,5 – 10,5				X	X	X	X	X
11,0 – 14,0					X	X	X	X
14,5 – 17,0						X	X	X
17,5 – 20,0							X	X
20,5 – 23,0								X
23,0								

Значення коефіцієнта шорсткості $n_{ш}$

Характеристика русла	$n_{ш}$
Природні русла, зокрема гірського походження, але з невеликими ухилами в сприятливих умовах; чисте, пряме, незасмічене земляне русло (глина, пісок, дрібний гравій) з вільною течією	0,025
Те ж при гравієвому руслі	0,029
Чисті русла постійних рівнинних водотоків у звичайних умовах, русло звивисте, з деякою неправильністю у напрямі струменів або ж пряме, але з неправильністю в рельєфі дна (мілина, промоїни, де-не-де трапляється каміння)	0,04
Русла великих і середніх річок, значно засмічені, звивисті частково порослі, кам'янисті, з неспокійною течією; заплави великих річок і середніх річок, порослі рослинністю (травною, чагарником)	0,05
Заплави річок, нерівні, погано розроблені, сильно зарослі (промоїни, чагарники, дерева), з наявністю затонів; порожнисті ділянки рівнинних річок	0,067
Русла і заплави рівнинні річок значно зарослі, з слабкою течією	0,08

Навчальне видання

Методичні вказівки

до виконання лабораторних робіт
та організації самостійної роботи

з дисципліни

«ПРИКЛАДНА ГІДРОЕКОЛОГІЯ»

(для студентів 2 курсу денної форми навчання
за напрямами підготовки 0708 «Екологія»,
6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування»)

Укладачі **ЛАДИЖЕНСЬКИЙ** Віктор Миколайович,
ДМИТРЕНКО Тетяна Володимирівна

Відповідальний за випуск *А. В. Іщенко*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *К. А. Алексанян*

План 2010, поз. 59, 62 М

Підп. до друку 11.10.2011 р.

Формат 60×84/16

Друк на ризографі.

Ум.-друк. арк. 1,4

Зам. №

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011 р.